

Sedimentación holocena en el litoral emergido de «L'Alt Empordà» (NE de Catalunya)

J. BACH i PLAZA

Dpt. de Geodinàmica Externa i Hidrogeologia. Fac. de Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 BELLATERRA (Barcelona)

RESUMEN

Los depósitos holocenos, de la llanura litoral del Golfo de Roses, se interpretan como un modelo de sedimentación deltaica con dominio de la acción del oleaje sobre los aportes fluviales, dando lugar a una progradación de cordones litorales (*beach ridges*) que encierran zonas de *lagoon* y de marisma.

Palabras clave: Holoceno. Llanura deltaica-dominio oleaje. Ambientes palustres. Cordones (*beach ridges*). Marismas litorales (*salt marsh*).

ABSTRACT

The Gulf of Roses coastal plain deposits (Holocene) are here interpreted as the result of sedimentation in a wave dominated deltaic environment in which beach ridges progradation took place bounding lagoon and marsh areas.

Key words: Holocene. Delta plain-wave dominated. Beach ridge sequences. Salt marsh environments.

INTRODUCCIÓN

Se pretende dar una visión global de la sedimentación holocena en la llanura litoral de «l'Alt Empordà» y exponer a grandes rasgos su modelo de evolución. Para ello, se han caracterizado las unidades morfológicas en superficie. Se ha analizado y correlacionado la información litológica, obtenida a partir de las columnas de sondeos y pozos efectuados generalmente con fines hidrogeológicos. Se han consultado, además, mapas y documentos antiguos, que dan una visión retrospectiva de los últimos estadios de su evolución y de los cambios debidos a la actividad antrópica.

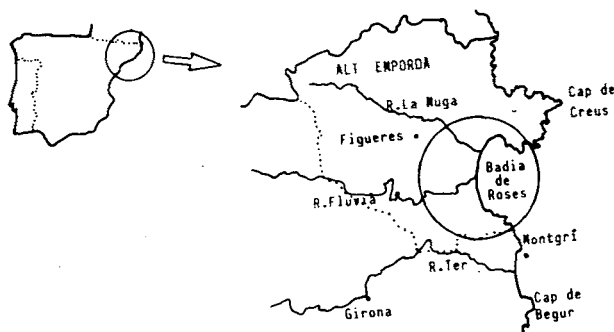


Figura 1.- Situación geográfica de la zona estudiada.

Figure 1.- Geographic map of the study area.

Los depósitos cuaternarios que forman esta llanura litoral a orillas del Mediterráneo (NE de Catalunya), de unos 120 km² de extensión, se hallan enclavados entre los relieves paleozoicos del Cabo de Creus al N y el Macizo Mesozoico del Montgrí al S (fig. 1). Se sitúan sobre los materiales neógenos de la depresión tectónica de «l'Empordà» (Fontboté *et al.*, 1958), que afloran en su parte W.

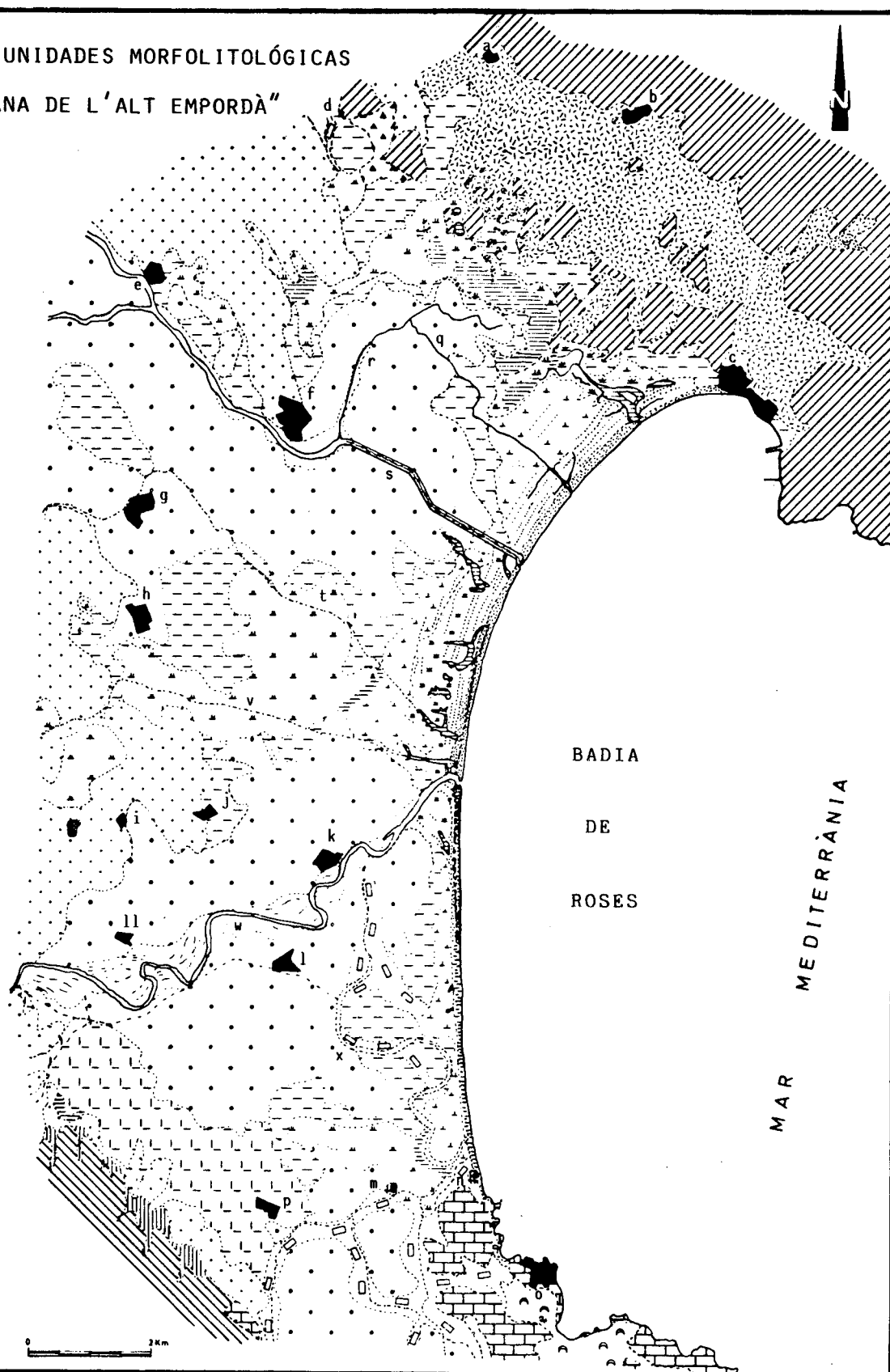
Morfológicamente forman una llanura, encajada en los materiales de piedemonte y aluviales-culuviales pleistocénicos o en los pliocénicos y pliocuaternarios (fig. 2), con un relieve muy suave, de pendientes en general inferiores al 0,2%, desde cotas de 10 a 15 m en el interior hasta cotas ligeramente superiores e incluso inferiores al nivel del mar.

MAPA DE UNIDADES MORFOLITOLÓGICAS

"PLANA DE L'ALT EMPORDÀ"

Simbologia

- | | |
|--|----|
| | 1 |
| | 2 |
| | 3 |
| | 4 |
| | 5 |
| | 6 |
| | 7 |
| | 8 |
| | 9 |
| | 10 |
| | 11 |
| | 12 |
| | 13 |
| | 14 |
| | 15 |
| | 16 |
| | 17 |
| | 18 |
| | 19 |
| | 20 |
| | 21 |
| | 22 |
| | 23 |
| | 24 |
| | 25 |
| | 26 |
| | 27 |
| | 28 |
| | 29 |
| | 30 |
| | 31 |
| | 32 |



Las características fisiográficas de esta zona junto a su comportamiento estructural han condicionado la distribución de facies, fruto de la interacción entre los aportes fluviales y la dinámica marina, en unos ambientes sedimentarios reconocibles en parte, a pesar de la acción antrópica, que conforman una llanura deltaica (*delta plain*) en sentido amplio.

Los aportes que confluyen en esta área proceden principalmente, de N a S, de los ríos La Muga y Fluvià, a los que se sumaba antiguamente el río Ter, en la zona conocida como el «Corredor d'Albons». De esta manera, la llanura deltaica considerada se extendería a través de este corredor hasta la llanura deltaica propia del río Ter («Baix Empordà»), formando una llanura continua desde los relieves del Cabo de Creus hasta el Macizo de Begur.

AMBIENTES ACTUALES-SUBACTUALES

Se han diferenciado tres ambientes sedimentarios principales: fluvial, palustre y marino (holomarinero). Los límites entre ellos pueden ser graduales, establecidos por variaciones cuantitativas en los parámetros que definen las diferentes facies, como la textura, contenido en materia orgánica, grado de salinidad,...

Ambiente fluvial

Cartográficamente (fig. 2), se han distinguido, por un lado, una zona interna que enlaza con los valles aluviales de los ríos, anteriormente mencionados, más elevada topográficamente que el resto de la zona y con

pendiente hacia el mar que constituiría la *llanura aluvial* en sentido amplio. Litológicamente estaría formada por arenas y limos con niveles de gravas.

Por otro lado, externamente a la unidad anterior y limitando con las facies palustres, se han diferenciado unas franjas que constituirían la *llanura de inundación*, integrada por sedimentos finos, limos y limos arcillosos, transportados en suspensión a partir de procesos de desbordamiento y *crevassing*.

Ambiente palustre

En él englobamos aquellas áreas con sedimentación orgánica al estar sometidas a condiciones de inundación estacional o permanente. Se trata de zonas que, a veces, proceden de la evolución de zonas de *lagoon* que progresivamente se han convertido en zonas lagunares y finalmente desecadas, generalmente por acción antrópica, que denominamos *palustre interior*, popularmente «closes». Otras veces son, zonas relacionadas con la progradación de los cordones litorales e instaladas sobre ellos que formarían la *marisma litoral* (fig. 2).

Las zonas palustres interiores se localizan en las áreas de coalescencia de los aportes fluviales (fig. 2). Así en la franja marginal norte, se individualiza la zona ocupada hasta el siglo XVII por «l'Estany de Castelló»; en la parte central, la ocupada por l'«Estany de Pontarrons»; y en la parte sur, la situada entre Cinc Claus y Vilademat. Están constituidas por limos y limos arcillosos, con materia orgánica y más o menos salobres (por su conexión histórica con el mar). Podrían asimi-

Figura 2.- Mapa de las Unidades Morfolitológicas de la Llanura Litoral de l'Alt Empordà.

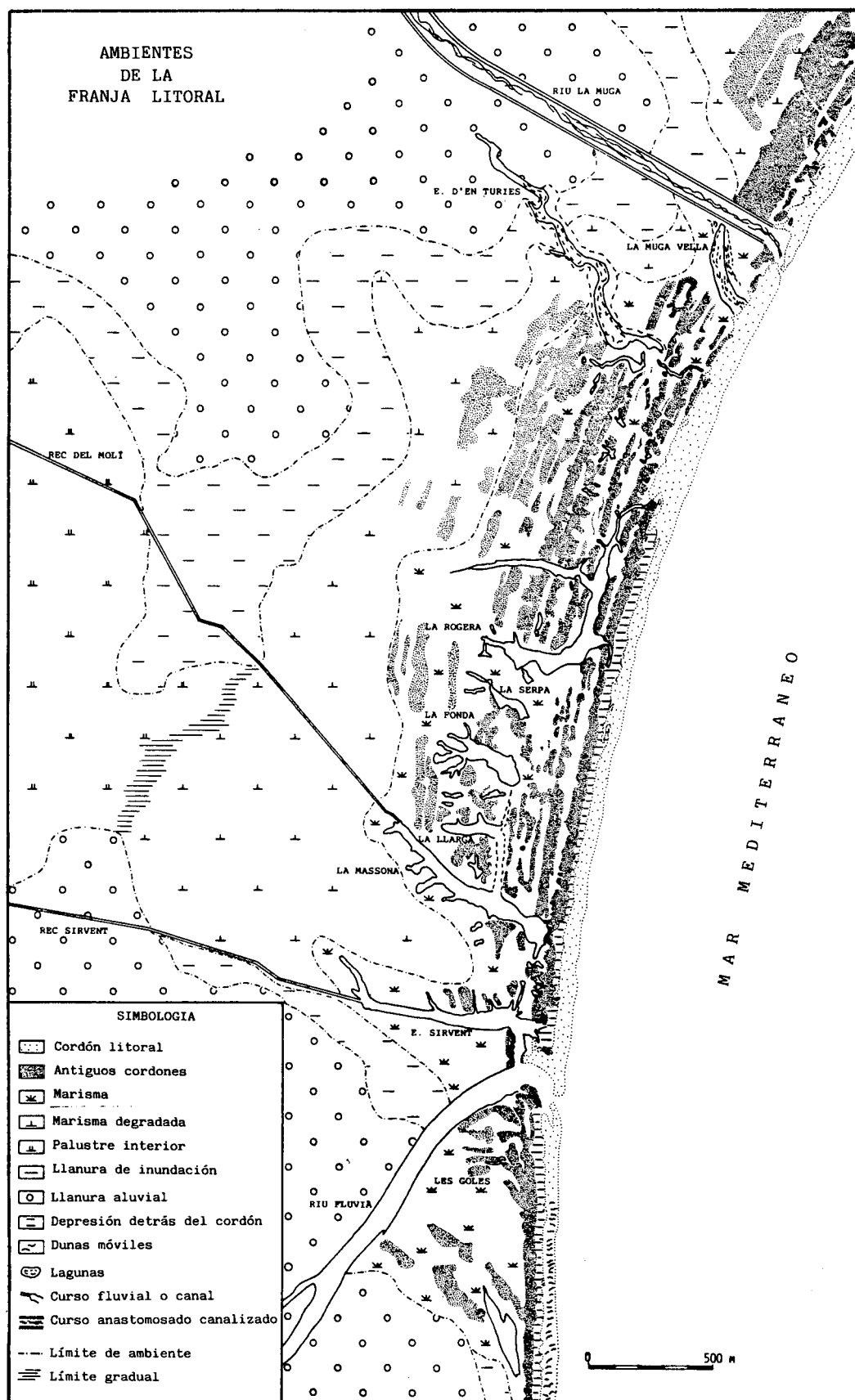
POBLACIONES: a, Pau, b, Palau Savardera. c, Roses. d, Pedret. e, Vilanova de la Muga. f, Castelló d'Empúries. g, Fortià. h, Riumors. i, Vilacolum. j, Vilamacolum. k, Sant Pere Pescador. l, L'Armentera. ll, Torroella de Fluvià. m, Cinc Claus. n, Sant Martí d'Empúries. o, L'Escala. p, Viladamat.

RIOS Y CANALES: q, Rec Salins. r, Río La Mugueta. s, Río La Muga. t, Rec del Molí. v, Rec Sirvent. w, Río Fluvià. x, Río Vell.

SIMBOLOGÍA: 1, *Paleozoico*. 2, *Mesozoico*. 3, *Paleógeno*. 4, *Neógeno*. 5, Vulcanitas neógenas. *Cuaternario*: 6, Manto aluvial antiguo. 7, Piedemonte. 8, Primera terraza. 9, Eólico-torrencial. 10, Aluvial-coluvial antiguo. 11, Dunas fijadas. 12, Llanura aluvial. 13, Llanura de inundación. 14, Palustre. 15, Marisma litoral degradada. 16, Marisma litoral. 17, Cauce abandonado. 18, Aluvial-coluvial. 19, Cordón litoral. 20, Dunas litorales. 21, Antiguos cordones litorales. 22, Depresión detrás del cordón. 23 Aluvial actual-subactual. 24, Barras de meandro. 25, Lagunas. 26, Lagunas estacionales. 27, Curso fluvial. 28, Curso fluvial anastomosado canalizado. 29, Canales. 30, Cabalgamiento. 31, Límite morfolitológico gradual. 32, Límite morfolitológico.

Figure 2.- Map showing the Morpholithologic Units of The Gulf of Roses coastal plain. Town, stream and channel names in the spanish figure caption above.

LEGEND: 1, *Paleozoic*. 2, *Mesozoic*. 3, *Paleogene*. 4, *Neogene*. 5, Neogene volcanics. *Quaternary*: 6, Ancient alluvial sheet. 7, Piedmont. 8, First terrace. 9, Aeolian-torrential deposits. 10, Ancient alluvial-colluvial deposits. 11, Fixed dunes. 12, Alluvial plain. 13, Floodplain. 14, Marsh. 15, Degraded salt marsh. 16, Salt marsh. 17, Abandoned river channel. 18, Alluvial-colluvial deposits. 19, Recent beach ridge. 20, Coastal dunes. 21, Beach ridges sequences. 22, Trough. 23, Present and recent alluvial deposits. 24, Point-bar deposits. 25, Ponds. 26, Stational ponds. 27, Fluvial stream. 28, Channelized braided stream. 29, Channel. 30, Overthrust. 31, Gradual morpholithologic edge. 32, Morpholithologic edge.



larse a los últimos estadios evolutivos de una marisma de agua dulce-salobre, según la nomenclatura de Kolb y Van Lopik (1966).

La marisma litoral está bien desarrollada en la zona central, entre las desembocaduras de los ríos La Muga y Fluvià (fig. 3), degradada en el margen izquierdo del río La Muga hasta Roses y poco desarrollada desde la desembocadura del Fluvià hasta Empúries (fig. 2).

En la primera de las zonas referidas, representada en la figura 3, se conservan unas pequeñas *lagunas* («estanyes»), llamadas localmente «llaunes». Presentan una morfología alargada en dos direcciones predominantes: perpendicular y paralela a la línea de costa. Su profundidad es muy variable oscilando entre 0.5 y 3 m y, excepcionalmente, «la Massona» presenta profundidades superiores a los 7 m. Su lámina de agua presenta oscilaciones de 0,5 a 1 m y el grado de salinidad fluctúa estacionalmente desde los 2 a 60 gr/1, llegando localmente a más de 100 gr/1 (Bach, 1979; Bach y Trilla, 1984).

Los sedimentos que recubren su fondo son de naturaleza arenosa a arcillosa. En general, se trata de limos arcillosos, con elevados contenidos de materia orgánica y de sales (más de 17 gr de cloruros por kilo de muestra) y presencia abundante de *Cerastoderma edule* (LINNÉ), junto con foraminíferos (*Ammonia beccarii*) (LINNÉ) y *Elphidium* sp.) ostrácodos y gasterópodos milimétricos.

La zona que bordea a las lagunas se halla recubierta por vegetación halófila, principalmente salicornias (*Arthrocnemum fruticosum* BRAUN-BLANQUET), que forma una tupida cobertera desde detrás del cordón litoral actual hasta degradarse progresivamente hacia el interior. Sería un tránsito gradual de la *marisma litoral* (salt marsh) a una *marisma degradada* (fig. 3).

Ambiente marino (holomarino)

Englobamos en él aquellas zonas formadas por la acción de procesos marinos que se encuentran emergidas formando la franja más externa de la llanura deltaica. Se trata de playas formadas por el oleaje y la corriente de deriva, a las que se superponen, por acción eólica, cordones de dunas. A este conjunto lo denominamos en sentido amplio *cordón litoral*.

Figura 3.- Detalle de los ambientes de la franja litoral en la zona central del Golfo de Roses.

Figure 3.- Central area of the Gulf of Roses: detailed map of the coastal plain environments.

El *cordón litoral actual* forma una unidad de naturaleza arenosa continua desde Roses a Sant Martí d'Empúries (fig. 2). Sus características se describen en Obrador *et al.*, (1971). Las dunas están bien desarrolladas al sur de la desembocadura del río Fluvià, generadas por los vientos dominantes de dirección Norte («tramuntana»). Es destacable, en la parte central del Golfo, la existencia de una *depresión* detrás del cordón, que puede permanecer temporalmente inundada, constituyendo una prolongación de las lagunas litorales descritas (figs. 3 y 4).

Detrás del cordón litoral actual, en la zona cubierta por la marisma, se distinguen, sobre todo a partir de vistas aéreas, unas formaciones alargadas, paralelas a la línea de costa y de naturaleza arenosa, que se interpretan como *antiguos cordones litorales* (beach ridges), sobre los que se desarrolla la marisma al ir progradando (figs. 2, 3 y 4).

ESTRATIGRAFÍA

A partir de los datos litológicos de los pozos y sondeos, agrupados en paneles y perfiles, consideramos, por encima de las formaciones pliocénicas, dos conjuntos de materiales que denominaremos unidad inferior y unidad superior (fig. 5).

La *unidad inferior*, de la que poseemos pocos datos, está formada por niveles detrítico groseros (arenas y gravas) intercalados entre niveles más potentes de arcillas y limos (fig. 5). Suponemos que estos materiales serían pre-holocenos, formados en los primeros impulsos de la transgresión versiliense, de manera que cada ciclo representaría un ascenso y una estabilización (*stillstand*) del nivel del mar.

La *unidad superior* la consideramos propiamente holocena. Comprende los materiales situados por encima del nivel de gravas aluviales muy continuo en toda la zona, de la unidad inferior. Alcanza potencias de unos 50 m bajo la línea de costa actual y de unos 25 a 30 m hacia el interior, donde enlaza con los materiales de los valles aluviales. Para su descripción los agrupamos en tres niveles.

- 1.— Nivel inferior preferentemente arenoso, marcaría el inicio de la secuencia transgresiva. A veces es difícil de separar de las gravas aluviales sobre las que se asienta. Estas pueden presentar un elevado índice de planicidad que denotaría un retrabajamiento marino.
- 2.— Nivel medio donde dominan los limos arcillosos negruzcos. Presenta potencias de unos 25 m que

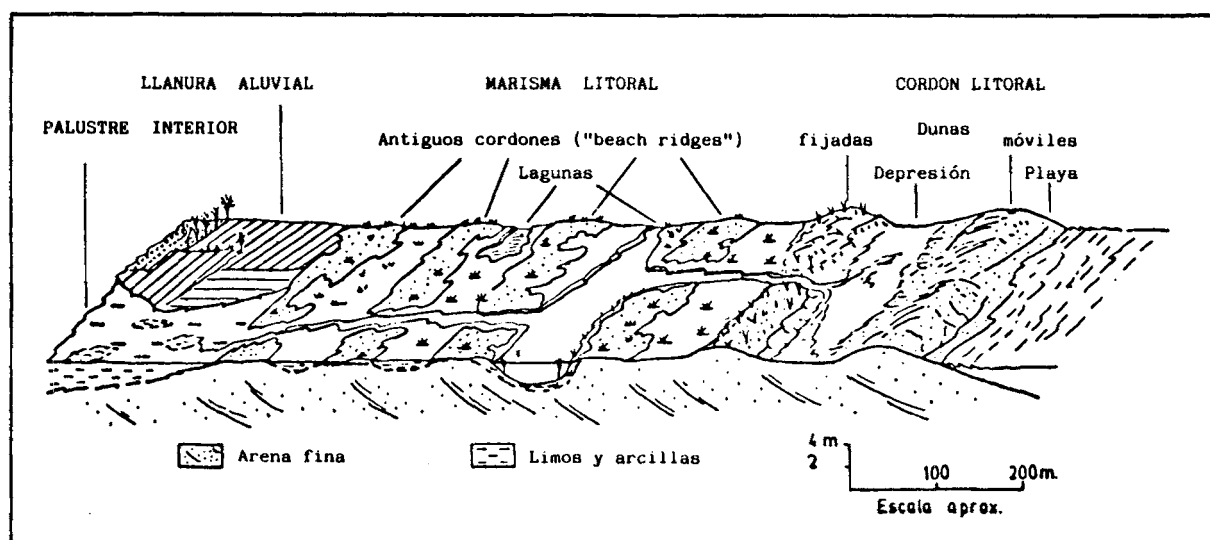


Figura 4.- Esquema de los ambientes de la franja litoral.

Figure 4.- Diagram showing the coastal plain environments.

disminuyen hacia el interior donde se le intercalan cuerpos arenosos, más abundantes en la zona de aportes del río Fluvià.

En las muestras obtenidas de este nivel (S-42) se han identificado los gasterópodos: *Retusa* sp., *Odostomia* sp., *Menestho obliquum* (ALDER), *Turboella* sp., Pyramidellidae y un posible Potamídeo; los bivalvos no presentan tanta variedad, en todas las muestras se ha identificado *Cerastoderma* sp. y en alguna de ellas *Pandora* sp., *Tellina* sp. y Myoida. Los foraminíferos presentan también poca diversidad, no se han encontrado ni aglutinados ni aporcelanados, clasificándose *Ammonia becarii* (LINNÉ) var. *ammoniformis*, *A. becarii* (LINNÉ) var. *inflata*, *Elphidium* sp. y algunos miliólidos simples (*Quinqueloculina* sp. y *Triloculina* sp.). También son relativamente abundantes los ostrácodos. Esta fauna marina, con poca diversidad de especies, en su conjunto puede considerarse indicadora de ambientes protegidos o cerrados, con aguas tranquilas de salinidad variable y fondos fangosos, o de zonas próximas a las desembocaduras de los ríos. La mayoría de los géneros y especies clasificadas son citadas por Maldonado (1972) en los ambientes de ensenada y prodelta del delta del Ebro. Algunas de ellas, como se ha citado anteriormente, habitan en las lagunas de la marisma litoral. Este ni-

vel correspondería al concepto de cuña fluvio marina descrito en el delta del Ebro (Maldonado, 1972) y en el delta del Llobregat (Marques, 1975).

- 3.— Nivel superior que agrupa a unas formaciones arenosas que en la parte superior son recubiertas por limos arcillosos. Su potencia es de unos 20 m cerca de la línea de costa, adelgazándose hacia el interior (fig. 5). La base de este nivel suele tener granulometría más gruesa y presentar acumulaciones de fauna de poca profundidad. Las arenas, que pueden formar un tramo continuo de casi 20 m de espesor, presentan granulometría de fina a muy fina, con fragmentos de conchas y tonalidades oscuras. Representa la continuidad en profundidad de los antiguos cordones litorales interpretados en el apartado anterior. Su desarrollo sería máximo en las áreas de coalescencia de aportes fluviales, pasando lateralmente a zonas de sedimentación fluvio marina. Los sedimentos limosos que los recubren corresponden a depósitos de marismas que se instalan sobre ellos, o bien, de llanura de inundación o de los ambientes palustres interiores.

CONCLUSIONES: INTERPRETACIÓN EVOLUTIVA

Antes de referirnos a la interpretación evolutiva que se desprende de los datos expuestos, cabe reseñar a par-

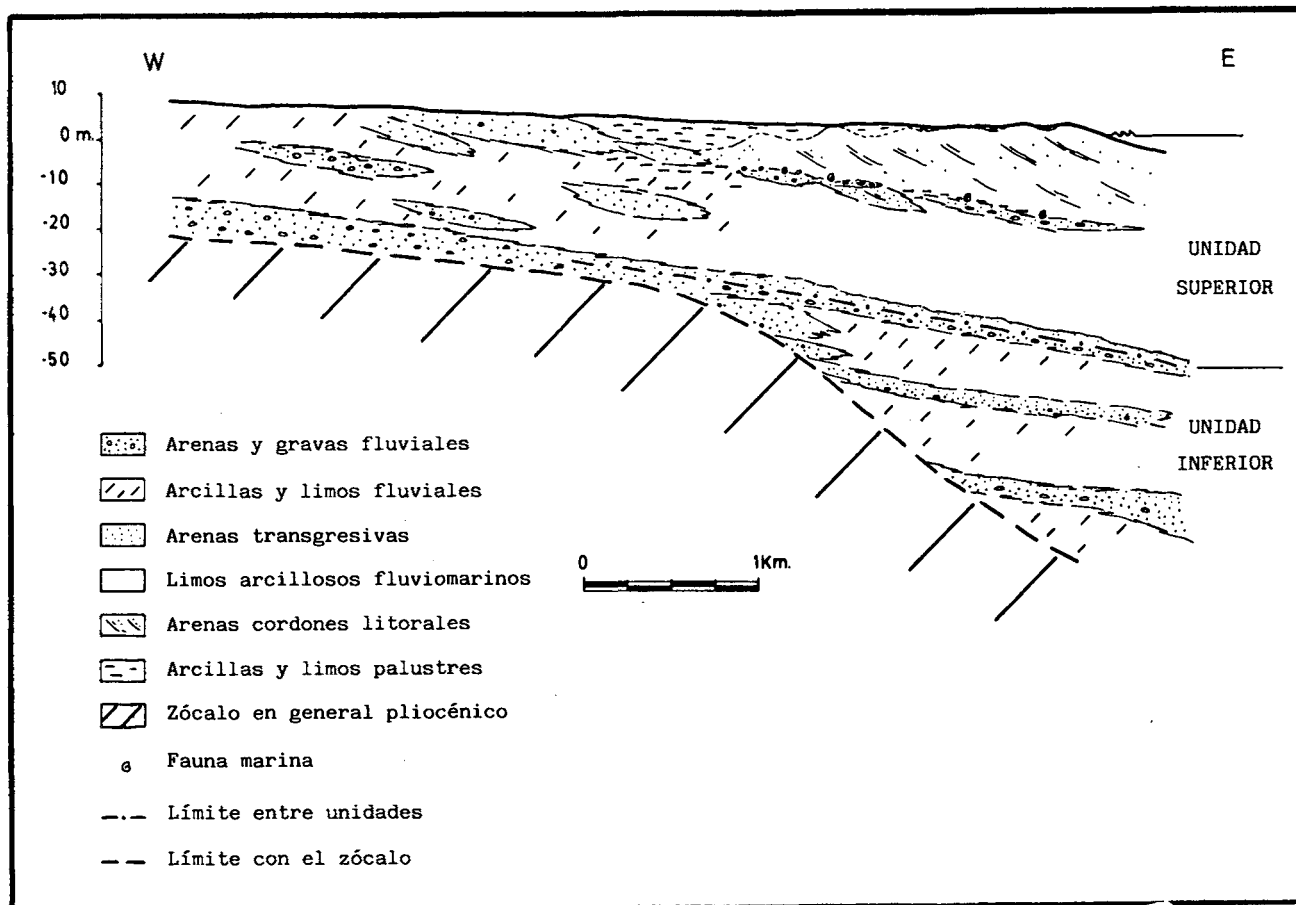


Figura 5.- Esquema interpretativo de los depósitos holocenos.

Figure 5.- Interpretative sketch of the Holocene deposits.

tir de los trabajos de Got *et al.*, (1975), la existencia de espesores importantes de Cuaternario en la plataforma continental de l'«Empordà», que revelan por su disposición un control en la sedimentación, además de por los movimientos eustáticos ligados a las variaciones climáticas, a la subsidencia debida a la actividad tectónica, que habrá influido también en la sedimentación litoral que exponemos.

Los materiales que integran la unidad inferior, de los que se poseen pocos datos, podrían representar por analogía con el Rosellón y el delta del Llobregat los primeros impulsos de la transgresión versiliense después del máximo regresivo del Würm (—18.000 a BP), pudiéndose considerar a los niveles de granulometría gruesa (fig. 5) indicadores de estabilizaciones del nivel del mar.

La unidad superior representaría las últimas etapas de la transgresión versiliense, propiamente holocénicas, englobando aproximadamente los últimos 10.000 años. Así sobre la superficie que formaría el nivel de arenas y gravas formadas en la estabilización del mar de -50 a -60 m, un ascenso relativamente rápido del mar invadiría parte de la bahía, ocasionando la removilización de los depósitos basales (nivel inferior) y la sedimentación fluviomarina (nivel medio).

La base del nivel superior indicaría una estabilización clara de la transgresión a una cota de unos -15 a -20 m. A partir de la cual pequeños episodios transgresivos se sucederían a estabilizaciones (la más probable a unos -8 m) hasta alcanzar el máximo transgresivo, posiblemente superior al actual (Riba, 1981), hace unos 5.000 años (Aloisi *et al.*, 1975). Sería a partir



Figura 6.- Mapa esquemático de la evolución reciente de la llanura deltaica de L'«Alt Empordà».

SIMBOLOGIA: 1, Lóbulos deltaicos antiguos. 2, Lóbulos deltaicos recientes. 3, Lagunas y zonas palustres interiores. 4, Progradación del cordón litoral. 5, Lagunas litorales. 6, Marisma litoral. 7, Relieves pre-holocenos. 8, Red fluvial, lagunas y costa arenosa actual.

Figure 6.- Schematic map showing the recent evolution of the delta plain in the Gulf of Roses.

LEGEND: 1, Ancient deltaic lobes. 2, Recent deltaic lobes. 3, Inner lagoon and marsh areas. 4, Beach ridges progradation. 5, Coastal lagoon. 6, Salt marsh. 7, Pre holocene landscape. 8, Present river system, coastal lagoon and clastic shoreline.

de este momento y con la tendencia subsidente comentada de esta área, cuando la llanura deltaica comenzaría su evolución hasta alcanzar su estado actual.

La evolución de la llanura deltaica se presenta en la figura 6, donde se individualizan lóbulos (antiguos) procedentes de las principales arterias fluviales (La Muga, Fluvià y Ter) que en las áreas de coalescencia encerrarían zonas de bahía, que con la formación de cordones litorales se convertirían en zonas de *lagoon*.

Nuevos distributarios darían lugar a los lóbulos (recientes) en las zonas de *lagoon* (La Mugueta en la zona norte, la riera «d'Alguema» en la zona central) o buscando la salida directa al mar (río Vell en la zona sur). Al mismo tiempo el frente litoral avanzaba al progradar los sistemas de cordones litorales, fruto de la acción del oleaje y de la corriente de deriva, sobre los que se emplazaban zonas lagunares y de marisma al buscar las aguas continentales la salida al mar.

La acción antrópica, iniciada ya en el siglo XV, encaminada a la desecación de las zonas húmedas, sería la responsable del aspecto actual que ofrece.

Podemos considerar que la llanura litoral de «l'Alt Empordà» presenta una evolución deltaica, domina-

da por la acción del oleaje, que da como resultado una costa lineal que prograda por acreción de cordones litorales.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la colaboración prestada por la Dra. Llompart y la Dra. Caus en la clasificación de la fauna.

BIBLIOGRAFÍA

- ALOÍSI, J.CL., MONACO, A., THOMMERET, J. y THOMMERET, Y., 1975: Evolution paléogéographique du plateau continental Languedocien dans le cadre du Golfe du Lion. Analyse comparée des données sismiques, sédimentologiques et radiométriques concernant le Quaternaire récent. *Rev. Géog. Phys. et de Géol. Dynam.* (2), 17 (1): 13-22.
- BACH, J., 1979: *Salinització dels aqüífers de la franja costera de l'«Alt Empordà»*. Tesis de licenc. inéd. U:A.B. 38 p., 18 graf., 9 tb., 1 mapa.
- BACH, J. y TRILLA, J., 1984: Una limitación de uso en acuíferos litorales detríticos recientes. *I Congreso Español de Geología*. Segovia. 4: 29-44.
- FONTBOTÉ, JM., VILLALTA, J.F. y VIRGILI, C., 1958: De Figueras a Gerona. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 8, 8: 956-960.
- GOT, H., MONACO, A. y SERRA, J. 1975: La plateforme continentale pyrénéenne: tectonique et sédimentation. *IX Congrès Inter. Sédimen.* Nice. 4: 171-177.
- KOLB, C.R. y VAN LOPIK, J.R. 1966: Depositional environments of the Mississippi River deltaic plain-southeastern Louisiana *In Deltas in their geologic framework*, pp. 17-61, Houston Geological Society.
- MALDONADO, A., 1972: El delta del Ebro: estudio sedimentológico y estratigráfico. *Bol. Estrat. Univ. Barna.* 1 vol. extr., 475 p.
- MARQUES, M.A., 1975: Las formaciones cuaternarias del delta del Llobregat. *Acta Géol. Hispánica*, 10 (1): 21-28.
- OBRADOR, A., PALLÍ, L., ROSELL, J. y TRILLA, J., 1971: Morfología de la costa baja en la provincia de Gerona. *Rev. de Gerona*, 55: 29-36.
- RIBA, O., 1981: Canvis de nivell i de salinitat de la Mediterrània Occidental durant el Neògen i el Quaternari. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 9: 45-62.